

IMPROVE 모델에 근거한 대기질의 시각화

김 태 식*

요 약

우리가 일상에서 보고 있는 전경의 기시거리는 대기질의 청정상태와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 최근에 이들의 관계를 보다 구체적으로 나타내기 위하여 미국의 IMPROVE 기관에서는 대기의 오염물질 구성 농도에 따른 시정거리를 유추할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 이에 본 논문에서는 대기질의 변화에 따른 대기오염의 상태를 화학물질의 정량적인 표현식으로 나타내는데서 나아가 IMPROVE 모델을 통해 유추된 시정거리를 중심으로 관심지역의 시정영상과 연계함으로써 화학적 지식이 없는 일반인들도 오염상태를 시각적으로 실감할 수 있게 대기오염 알람판을 구축할 수 있는 프로그램을 구현하였다.

Visualization of Air Quality based on the IMPROVE Models

Tae Sik Kim*

Abstract

It is well-known that the scenic visibility achieved in our naked eyes is related with the quality of aerosol condition which is composed of primary and secondary air pollutants. In recent, the IMPROVE organization in U.S.A. has developed two algorithms to estimate the visible length depending on the elements of air pollutant. Using these algorithms, we are to represent the condition of aerosol quality with the well-known scenic images of the observing area so that any one that have no sufficient chemical knowledge may feel and understand the level of air pollution in visibility.

Keywords : Aerosol, Visibility, IMPROVE model, light extinction coefficient

1. 서론

산업화의 확충과 도시지역으로의 인구집중화 등으로 화석연료의 사용은 증가하고 각종 오염물질은 과도하게 배출되어 자연환경은 심하게 오염되고 있다. 이러한 환경오염의 하나로 대기오염을 들 수 있는데, 대기의 자정 능력을 초과하는 오염물질의 과다 배출로 특정지역의 많은 사람 또는 동·식물들이 피해를 입기도 하고 재산상 손실이 발생하기도 한다. 일반적으로 화산폭발, 산불, 동·식물의 활동 및 지형적 환경 등과 같은 자연적 요인으로 발생하는 대기오염의 피

해는 경미한 편이지만, 인간의 일상생활이나 산업 활동 과정 등과 같은 인위적인 요인으로 발생하는 각종 대기오염은 보다 심각한 문제를 야기한다. 예로 1948년 10월 말 미국 펜실베이니아주의 분지형 도시 Donora에서 발생한 대기오염으로 많은 주민들이 호흡기, 눈, 목 등에 피해를 입었고 다수의 사망자가 발생하기까지 했다. 당시 오염은 공장 굴뚝에서 배출된 아황산가스가 먼지의 촉매작용으로 황산미스트를 형성하고 복사 역전층에 의해 대기 중에 정체하게 됨으로 그 피해 정도가 심해지게 되었다. 또 한 예로 1952년 12월 초 영국 런던에서 발생한 대기오염으로, 정체 고기압으로 안정한 대기가 영국 상공을 덮어 스모그, 먼지 및 아황산가스 농도가 상승함으로 4,000명 가까운 수의 사망자가 발생한 기록이 있다 [3]. 최근에 이르러 대기 오염물질의 발생 빈도나 강도는 더 심해지고 있으며, 대기오염물질의 증가로 우리가 시각적으로 볼 수

※ 제일저자(First Author) : 김태식
접수일자:2009년05월08일, 심사완료:2009년06월11일
* 경주대학교 관광정보학과
tskim@gju.ac.kr

있는 시정의 상태도 악화되고 있다. 대기오염과 시정 악화는 인류의 건강에 나쁜 영향을 주는 것은 물론 심리적으로 불쾌감을 유발하여 각종 사회적인 문제를 야기하기도 한다. 그러므로 대기질을 정화하고 시정 환경을 개선하기 위한 사회적 요구는 증대되고 있다. 이에 본 논문에서는 대기의 오염과 시정의 관계를 설명한 IMPROVE 기관의 프로토콜에 기반을 두고 대기오염물질이 시정에 미치는 영향을 시각적으로 표현하여, 화학적 지식이 없는 일반인도 보다 쉽게 대기 오염에 접근하고 이를 시각적으로 느낄 수 있게 하고자 전산화된 프로그램을 구현하고 있다.

2. 대기오염 물질의 종류와 발생

대기오염물질은 먼지, 스모그, 안개 등을 포함한 고체 또는 액체상태의 입자상 오염물질과 탄소산화물, 황산화물, 질소산화물과 같은 가스상 오염물질로 나뉘어 생각할 수 있다. 우리가 대기오염 문제를 다룰 때, 먼지와 황산화물이 우선 취급 대상이 되고 다음으로 질소 산화물, 일산화탄소, 오존 등과 같은 물질들을 생각하게 되며, 그 외 납, 크롬, 카드뮴 등과 같은 원소상 물질들도 고려 대상이 될 수 있다. 이러한 대기오염물질 중 자연발생원으로부터 배출되는 오염물질은 주변에 상시적으로 존재하지만 소량이어서 심각한 문제를 야기하지 않는 편이다. 그렇지만 화산이 폭발하는 경우 대기 중에 이산화황(SO₂)과 같은 황산화물, 이산화탄소, HCl, HF, 메탄가스 등과 같은 오염물질을 일시에 다량 배출되기도 하며, 화산재와 분출 가스 및 먼지로 기상상태가 바뀌는 경우도 있었다. 또 산불 발생 시 매연, 탄화수소, 일산화탄소, 질소산화물과 각종 비산재 등이 대기로 유입되기도 한다. 해안지방에서는 해염입자(sea salt)가 대기로 유입되어 공기속의 수분을 흡수함으로 고농도 식염수의 작은 입자(에어로졸, aerosol)로 존재하기도 한다. 여기에 대기 중의 초산(HNO₃)이나 황산(H₂SO₄)과 같은 강산이 녹아 들어가 염화수소(HCl, 염산)가 생성되기도 한다. 그리고 동식물의 활동에 의해 배출되는 각종 오염물질들을 생각할 수도 있으나 먼지나 해수의 비말에 비하여 그 양은 미미한 편이다. 식물은 호흡, 분해 및 광합성을 통해 대기

와 사이에 대규모의 산소와 이산화탄소를 교환한다. 동물의 호흡과 분해를 고려할 때 매년 대기 중에 존재하는 CO₂의 14% 정도가 이러한 생물활동을 통해 교체될 정도다. 또한 식물 주변에서 서식하거나 메탄 습지, 소와 같은 반추동물의 위나 장에서 서식하는 각종 미생물들의 대사를 통해서도 많은 기체가 대기 중으로 배출되고 있다. 동물의 오줌에서 나오는 요소(NH₂CONH₂)가 알칼리성 토양에서 가수 분해되어 암모니아(NH₃)와 이산화탄소를 발생하게 된다. 암모니아는 호흡원으로 사용됨으로 일산화질소(N₂O)를 발생하기도 한다. 반면 심각한 환경문제를 야기하는 오염물질들은 대부분 인공발생원으로 발생하는 것들로 석탄 및 석유연료의 연소, 하수처리, 자동차 운행 등과 같은 인간의 생활, 생산 및 소비활동 과정에서 배출된다. 특히 발생원으로부터 직접 배출되는 오염물질을 1차 오염물질이라 하고, 배출된 여러 가지 오염물질이 대기 내에서 각종 반응을 함으로 시초 발생한 오염물질과 다른 물리 화학적 성질을 지닌 오염물질로 변하는데 이를 2차 오염물질이라 한다. 1차 오염물질로는 발전소나 공장 굴뚝을 통해 배출되는 황산화물(SO_x), 질소산화물(NO_x), CO 등이 있으며 2차 오염물질로는 오존, 알데히드, PAN(Peroxy Acetyl Nitrate)등을 들 수 있다 [4]. 1차 오염물질에 의한 대기오염의 대표적 사례로 런던 스모그를 들 수 있는데 화석연료인 석탄을 태우면서 발생하게 되었다. CH 조성을 가진 석탄을 완전 연소하였을 시 이산화탄소와 물이 발생하게 되는데 이들은 특별히 위험한 물질은 아니다. 그러나 엔진 내에서도 보일러 속에서와 같이 산소가 부족한 경우 불완전 연소로 맹독한 일산화탄소가 생성되게 된다. 산소가 더 부족한 경우 탄소 즉 그을음이 만들어진다. 산소도 부족하고 연소 온도까지 낮을 경우, 연소 대신 열분해만 발생하여 단환 방향족탄화수소(polycyclic aromatic hydrocarbon)가 생성되며 그 중 강한 발암성 물질인 벤조(a)피렌이 방출되기도 한다. 또 연료 속에 포함된 불순물이 대기를 오염시키기도 하는데 예로 황철석(FeS₂) 형태로 석탄에 들어있는 황성분이 연소과정에서 유해한 이산화황을 발생시키게 된다. 런던 오염사건 당시 런던의 공기는 정체되고 안개가 만들어져 우중충하고 추웠으므로 사람들은 석탄을 마구 태워 연기(smoke)와 안개

(fog)가 공존한 스모그(smog)가 생성되었다. 이 연기의 미립자에 안개의 수분이 응축하고 거기에 이산화황이 녹아 들어간다. 그 후 매연에 포함되었던 미량의 철이나 망간(Mn)이 촉매가 되어 황산이 만들어 진다. 흡수성이 큰 황산은 물방울은 주위의 수분을 흡수하여 더 커지게 되고 동시에 안개가 짙어지며 산성도는 커지게 된다. 이처럼 황이 녹아있는 안개를 사람들이 흡입함으로써 목이 아픈 환자가 다수 발생하게 되었다. 20세기 들어 석유계열의 연료가 사용되면서 자동차가 대기오염의 주 발생원이 되었으며 대기오염의 현상도 달라졌다. 자동차에서 나오는 일차오염물질(NO나 미연소의 탄화수소)은 화학적 변화를 통해 2차 오염물질로 변하게 되는데 이러한 변화는 태양광 아래에서 잘 진행되므로 이러한 대기오염을 광화학 스모그(photochemical smog)라 부르기도 하며 2차 세계대전 당시 로스앤젤레스 오염이 그 효시다. 일반적으로 공기 속에는 질소와 산소가 안정한 분자 형태로 존재하지만 연소가 일어나는 고온의 환경 하에서 작은 양이긴 하지만 분해되어 반응성이 큰 원자로 바뀌게 된다. 이러한 과정의 반복으로 일산화질소(NO)가 지속적으로 생성되게 된다. 때로는 질소화합물이 연료 자체의 불순물로서 존재하여 질소산화물을 만들기도 한다. 이 때 질소산화물 NO와 NO₂를 녹스라 부르며 NO_x로 표현하기도 한다. 일산화질소는 공기 중에서 산화되어 이산화질소로 변하고 태양광을 흡수하여 산소원자와 일산화질소로 분해되기도 한다. 이때 만들어진 산소원자(O)가 산소분자(O₂)와 반응하여 2차 오염물질인 오존(O₃)을 배출하기도 한다. 탄화수소는 산화되어 고농도 발암성물질인 알데히드를 생성한다. 한편 환경오염에 대한 지속적인 관심과 대응으로 최근에 이르러 오염기체는 점차로 감소하고 있지만 상대적으로 대기 중의 미립자(에어로졸)가 주요한 오염물질 인자로 대두하고 있다 [4]. 이들 부유입자 중 직경이 10 μm 이하인 입자(particulate matter) PM₁₀은 호흡과정을 통해 폐로 들어오게 되며, 직경이 약 2.5 μm 이하인 PM_{2.5} 입자는 폐의 깊숙한 곳까지 침투하여 혈액의 가스교환을 수행하는 폐포 내 침착하게 됨으로 우리 몸은 이들에 대한 생화학적 반응을 하게 되고 스트레스를 받는 등 건강상 피해를 주기도 한다. 부유입자 중 일부는 연소를 통해서

생성되기도 하는데 디젤엔진에서 나오는 0.1 μm 크기의 입자는 응집해서 큰 입자로 변하게 된다. 이들 입자는 발암성 유기물을 포함함으로써 암을 유발하기도 한다. 이 외에도 대기 중에는 화학적 반응을 통해 생성되는 2차부유입자도 존재하게 되는데 예로 SO₂의 산화를 통해 만들어지는 황산염 입자나 이들이 중화되어 생성되는 황산수소암모늄이 있다. 이외 휘발성 유기물질이 대기 중에 산화되어 이루어지는 알데히드나 케톤, 유기산등도 존재하게 된다. 이들은 산화되면서 휘발성이 감소되어 부유입자에 흡착되기 쉽다.

3. 오염물질과 시정의 관계

태양이 지구로 열을 복사할 때 극지방 보다 적도 근방의 대기를 더 따뜻하게 함으로 대기운동과 순환이 발생하게 된다. 태양복사는 모든 파장대의 복사에너지 영역을 가진 전자기파 스펙트럼이지만 사람의 눈은 0.4 μm 에서 0.72 μm 대역의 파장을 갖는 가시광선(visible light)에 민감하다. 지구를 하나의 흑체로 보았을 때 최대 흑체복사 파장은 10 μm 부근의 적외선 파장영역이 된다. 따라서 지구의 복사를 장파 복사 또는 적외복사로 부른다. 이러한 물질은 단파에 대해서는 흡수성이 떨어지지만 장파에 대해서는 좋은 흡수체이면서 동시에 좋은 방출체가 된다. 대기 중에도 이러한 성질을 지닌 물질이 존재하게 되는데 수증기, 이산화탄소, 오존 등을 예로 들 수 있다. 어떠한 물질 층에 복사에너지가 입사되면 일부는 물질 표면에서 반사되고 또 일부는 그 층을 지나는 동안 흡수되고 나머지가 통과하게 된다. 태양으로부터 방사되는 태양복사와 지구로부터 방사되는 지구복사도 대기를 통과하면서 기층의 온도 및 밀도, 대기 중에 있는 구름 및 에어로졸 등의 매체에 의해 흡수, 투과, 산란 및 반사등으로 영향을 받게 된다. 수증기, 이산화탄소, 오존 등은 특히 태양복사의 흡수에 영향을 주며, 장파의 흡수에는 수증기, 이산화탄소, 메탄, 산화질소 등이 중요한 역할을 한다. 한편 전자기파인 빛은 지구 대기 중에 질소, 산소와 같은 미량기체와 각종 에어로졸 부유물질에 부딪혀 여러 방향으로 반사하는 데 이것을 산란(scatter)

tering)이라 한다. 이러한 산란은 전자기파를 흡수하지 않고 진행방향만을 휘게 하여 지표면에 도달하는 태양복사 에너지를 감소시키게 된다. 일반적으로 산란의 강도와 산란되는 각도의 분포는 전자파의 파장과 산란을 유발하는 입자의 반경의 상대적인 크기에 영향을 받는다. 입자의 반경보다 입사되는 전자파의 파장이 훨씬 큰 경우 레일리산란(Rayleigh scattering)으로 산란광의 강도가 전자파장의 4제곱에 비례한다 [1]. 가시광선의 파장은 기체분자의 반경보다 훨씬 크기 때문에 파장이 짧은 광선일수록 공기분자에 의해 더욱 강하게 산란한다. 예를 들면 0.71 μ m 파장의 적색광의 산란 정도를 1로 둘 때 0.45 μ m인 청색광은 (0.71/0.45)⁴, 약 6.2배 더 강하게 산란되게 되고 이는 곧 맑은 하늘색을 푸른색으로 보이게 한다. 반면 보라색은 청색보다 파장이 더 짧을지라도 청색에 비해 에너지가 적기 때문에 두꺼운 대기를 통과하여 우리 눈에 도달하기 전에 이미 산란되어 나타나지 않는 것이다. 반면 전자파의 파장과 그것을 산란시키는 입자의 반경이 비슷한 경우 미산란(Mie scattering)이 일어나고 산란의 강도는 파장에 별로 의존하지 않게 된다. 따라서 공기가 더럽혀진 날에는 하늘이 희뿌옇게 보이고 맑은 날 푸른 하늘을 배경으로 한 뭉게구름은 하얗게 보이는 데, 이는 태양광선이 대기 중의 에어로졸이나 운립에 의해 산란이 일어나고 이 때 산란광은 태양광과 마찬가지로 백색광에 가깝기 때문이다. 가시도 또는 시정(visibility)은 대기를 통해 어느 정도의 전망이 가능한가를 보여주는 것으로 관측되는 대기질의 상태와도 밀접한 관계를 가지고 있어 기상, 항공 및 교통자료 등에 이용될 뿐 아니라 대기오염현상을 관리하는데도 이용될 수 있다. 이에 따라 많은 나라에서 시정을 국가에서 특정하는 관측기관에서 관리하고 있으며 이때 관측되는 시정은 정상적인 시력을 가진 사람이 특정 방향의 목표물들에 대하여 형태나 윤곽을 식별할 수 있는 최대 수평거리로 정하는 목측시정(prevaling visibility)에 기반을 둔다. 그러나 목측시정은 관측자의 주관적인 판단에 의존함으로써 관측자의 심리적 상태나 주변 환경 등의 요인에 따라 측정값이 다소 달라질 수 있고 특히 야간 측정에 어려움이 많다. 이에 따라 최근에는 과학적 장비를 통한 간접적인 측정으로 시정을 정량화하는

방법이 도입되고 있다. 시정은 앞에서 언급한 바와 같이 대기질의 분포에 따른 복사에너지 특히 가시광선의 흡수 및 산란의 정도에 따라 소멸되는 빛의 양으로 결정될 수 있다. 광소멸계수 L_{ext} 는 광흡수계수와 광산란계수의 합으로 정의할 수 있다. 이 때 광흡수계수를 기체상 물질에 의한 광 흡수계수 L_{ag} 와 입자상 물질에 의한 광 흡수계수 L_{ap} 로 나뉘볼 수 있다. 이 때 L_{ag} 는 Hodkinson(1966) 이론으로부터 NO₂에 대부분 영향을 받는 것으로 알려져 있으며 다음의 관계식이 만들어진다[10].

$$L_{ap} \text{ (m}^{-1}\text{)} = 3.3[\text{NO}_2]_{\text{ppm}} \times 10^{-4}$$

L_{ap} 는 원소탄소의 농도에 굴절률을 곱함으로써 계산된다. 광 산란계수도 기체상 물질에 의한 광 산란계수 L_{sg} 와 입자상 물질에 의한 광 산란계수 L_{sp} 의 합으로 나뉘 생각할 수 있다. L_{sg} 는 주로 대기 중의 산소 및 질소 분자에 의한 빛의 산란계수로 Rayleigh 산란계수로 불리며 고도에 따라 감소하며 파장 550nm와 해수면을 기준으로 $0.120 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 로 주어지며 고도 4km에서는 8 Mm^{-1} 가 된다.

최근에는 광학적 측정 장치를 통하여 광소멸계수, 광산란계수 및 광흡수계수를 측정하는 장비들이 개발되었고 이를 통하여 시정을 추정할 수 있게 되었다. 광소멸계수 L_{ext} 측정을 위해 Transmissometer 장치가 사용되고 있으며, 입자상 물질에 의한 광 산란계수 L_{sp} 측정을 위해서 Nephelometer가 이용되고 있다. 광흡수계수를 측정하는 장비로 Aethalometer가 이용된다. 이렇게 측정된 값을 통해 다음의 식이 구성되게 된다.

$$L_{ext} = L_{ag} + L_{ap} + L_{sg} + L_{sp} .$$

광 소멸계수를 구성하는 이들 4개의 요소 중 L_{ap} 와 L_{sp} 가 도시지역 대기에 많은 영향을 주며 특히 에어로졸로 불리지는 미세입자에 의한 광 산란은 광 소멸에 지배적 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[2][5]. 또한 광소멸계수는 시정과 반비례 관계를 가지고 있으며 Koschmeider식을 통하여 다음과 같이 시정거리가 환산된다.

$$VR(\text{시정거리}) = 3.912 / L_{ext} .$$

그러므로 효과적인 시정을 유추를 위하여 광산란을 통한 시정장애를 유발하는 주요한 요소인 에어로졸 성분을 직경의 크기에 따라 2.5 μm 이하인 미세입자 PM2.5와 10 μm 이하인 입자 PM10으로부터 PM2.5를 제외한 즉, 2.5 μm 에서 10 μm 사이인 거친입자(CM, Coarse Mass)로 분류하여 조사하고, 다음으로 이들 물질의 화학적 조성 성분에 따라 1차 오염물질인 원소탄소(EC, Elemental Carbon), 미세토양 입자(FS, Fine Soil) 및 NO₂ 기체, 2차 오염물질인 황산암모늄(Sulfate, NH₄SO₄), 질산암모늄(Nitrate, NH₄NO₃), 유기물질(OMC)로 나눠 조사하게 된다. 또한 대기 중의 수증기는 흡수성이 강한 조해성 입자상 물질을 핵으로 흡수됨에 따라 그 입자의 크기가 점차로 커지고 모양과 굴절률의 변화가 생겨 시정에 영향을 주게 된다.

이처럼 대기오염 물질에 의해 영향을 받는 시정의 감쇄를 실험적으로 연구하기 위하여 미국의 IMPROVE(The Interagency Monitoring of Protected Visual Environments)기관에서는 여러 곳에 많은 관측지점을 둠으로써 매일 지정된 시간 간격으로 PM10, PM2.5 입자에 대한 물리·화학적 조사와 함께 광소멸계수, 광산란계수 및 상대습도 등을 여러 해 동안 관측해왔고 이를 토대로 다음의 광소멸계수를 추정하기 위한 공식을 유도하였다[6].

$$L_{ext}=3f(RH)[\text{Sulfate}]+3f(RH)[\text{Nitrate}]+4[\text{Organic Mass}]+10[\text{Elemental Carbon}]+1[\text{Fine Soil}]+0.6[\text{Coarse Mass}]+10$$

여기서 f(RH)는 건조입자에 대한 습윤입자의 산란비로 계산되는 상대습도 RH에 따른 조해성 입자의 성장에 따른 황산염이나 질산염의 광산란 수치를 나타낸다. 1차 IMPROVE 알고리즘 공식에서는 황산염과 질산염에 대해 3m²/g, 유기물에 대해서는 4m²/g의 건조입자 산란율(dry mass scattering efficiency)을 적용한 단일 모델의 f(RH) 함수를 유도하였으나, 수정된 IMPROVE 알고리즘에서 황산염에 대해서는 2.2m²/g와 4.8m²/g, 질산염에서 대해서는 2.4m²/g와 5.1m²/g, 유기물에 대해서는 2.8m²/g 와 6.1m²/g의 Sm

all 과 Large 모델에 대하여 f_S(RH)와 f_L(RH)로 이분하여 정의하여 사용하고 있다. 또한 초기 IMPROVE 알고리즘에서는 L_{ag}를 0으로, Rayleigh 산란계수 L_{sg}를 10Mm⁻¹로 가정하여 광소멸계수 L_{ext}가 계산되었지만, 수정된 IMPROVE 알고리즘에서는 Rayleigh 산란계수를 관측지점의 고도와 연평균온도에 의존하게 정의하고 해염(Sea Salt)과 L_{ag}에 관련한 항을 추가함으로 다음의 식을 정의되게 되었다[6].

$$L_{ext}=2.2f_S(RH)[\text{Small Sulfate}] +4.8f_L(RH)[\text{Large Sulfate}]+2.4f_S(RH)[\text{Small Nitrate}] +5.1f_L(RH)[\text{Large Nitrate}] +2.8[\text{Small Organic Mass}]+6.1[\text{Large Organic Mass}] +10[\text{Elemental Carbon}]+1[\text{Fine Soil}]+0.6[\text{Coarse Mass}]+1.7f_{SS}(RH)[\text{Sea Salt}]+Rayleigh Scattering(\text{Site Specific})+0.33[\text{NO}_2(\text{ppb})]$$

4. 대기질에 따른 시정의 구현

대기 중에 분포하는 대기오염물질의 정도를 파악하기 위해 오염물질을 구성하는 각종 구성 화학 물질에 대한 관측 자료의 수치적 분석에 근거하여 대기오염의 상태를 파악하게 된다. 하지만 이러한 관측데이터를 중심으로 표현된 대기분석 알림은 화학적 지식이 부족한 일반인이 쉽게 인식하고 그날의 대기상태를 체험적으로 실감하기에 쉽지 않다. 앞에서 언급한 바와 같이 최근에 미국 IMPROVE기관에서는 시정과 대기질의 오염과의 관계를 규명한 알고리즘을 제시한 바, 이를 통하여 주요 대기오염물질의 분포에 따른 광소멸계수를 유도하고 이로부터 시정을 유추할 수 있는 식을 얻을 수 있다. 이에 우리는 관심지역의 대기상태를 이상적인 기준 시정영상에 대한 대기오염으로부터 유도된 비교 시정 모델영상과 상대 비교하게 함으로 보다 대기오염 상태를 시각적으로 체감하고 대기오염의 심각성을 인식할 수 있는 경각심을 갖게 하고자 한다. 이를 위하여 우리는 Visual C++ 6.0 MFC(Microsoft Foundation Class) 프로그래밍 언어를 이용

한 윈도우프로그램을 구성하기로 한다. MFC는 윈도우 애플리케이션을 생성하기 위해 만들어진 C++ 클래스 라이브러리로 애플리케이션 프레임워크를 위시하여 윈도우 프로그램을 생성하는데 사용되는 대부분의 기본 구조적 요소를 포함한다. 이 중 대화상자는 사용자와 윈도우간의 인터페이스 기능을 제공하여 애플리케이션과 대화를 할 수 있게 한다. MFC에서의 대화상자는 CWin d 클래스로부터 상속받은 CDialog 클래스로 정의되었으므로 모든 윈도우 메시지를 처리할 수 있다.

한편 관측지의 시정 단계에 따른 영상을 획득하기 위하여 청정한 날 얻어진 일반 관측영상으로부터 이상적인 시정영상을 만들고 이를 중심으로 시정 거리에 따른 다양한 영상을 획득하기로 한다. 이를 위하여 채취된 일반 칼라영상을 흑백영상으로 변환한 후 구분적 국부역치를 적용함으로 단순영역과 복잡영역으로 영역 분할하여 하늘 중심의 단순영역을 이상적인 청정대기로 변환 대치한다. 또한 동일한 시정영상에 대해서도 일사량 또는 온도에 따른 빛 산란에 따라 달라지는 시정영상을 명암대비로 쉽게 구축할 수 있다. (그림 1)은 이러한 일련의 과정의 한 예를 보여준다. 또한 복잡영역인 배경영상에 대해 명암 대비별 역치를 가변 조절함으로 시정단계에 따른 이상적인 배경영역을 얻을 수 있다. 이를 통하여 분할된 시정영역에 원래의 시정영상에 적용함으로 시정에 따른 영상을 효과적으로 구축할 수 있다. (그림 2)는 이러한 일련의 과정의 한 예를 보여준다. 이제 얻어진 영상과 앞의 알고리즘을 이용하여 대기오염 현상을 시각화하기로 한다. 이를 위한 프로그램 인터페이스 구축을 (그림 3)과 같은 대화상자 구성 폼 형식으로 만들고자 한다. 메인폼의 좌측 상단에는 (그림 4)와 같이 제공된 지역리스트들로부터 특정지역을 선택할 수 있게 콤보 박스가 구성되고 선택과 동시에 해당 지역에 대한 기본정보로서 관측지명과 위치정보 및 관측시점, 그리고 필요한 기상정보가 표시된다. 중간 상단에는 (그림 5)처럼 대기오염 물질의 에어로졸 구성 성분량이 입력될 수 있게 인터페이스를 구성하게 된다. 전체 에어로졸 정보를 하나의 그룹 박스에 구성하며, 관측하고 있는 시점의 에어로졸 구성 정보와 관심 있는 특정 시점에 대한 에어로졸 구성

정보가 동시에 입력될 수 있게 만들어진다. 이때 에어로졸 입력 인터페이스를 주요 구성 에어로졸 입자의 크기에 따라 2.5 μ m 이하의 미세입자를 중심으로 하는 Fine 모드와 2.5 μ m 이상 10 μ m 이하의 거친 입자를 중심으로 한 Coarse 모드로 나누어 입력할 수 있게 하며, 또한 에어로졸 모드에 관계없이 상대습도, PM10, PM2.5 및 FS를 입력할 창을 바로 밑에 구성하였다.



(a) 일반영상



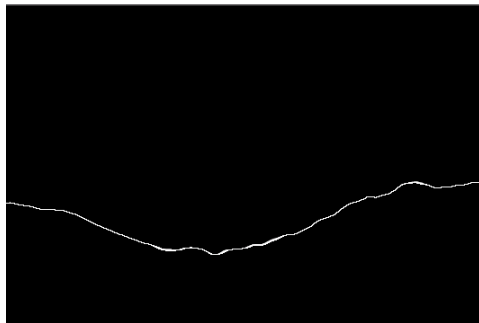
(b) 대기영역과 배경영역의 분할



(c) 시정영상의 구축



(d) 일사량에 따른 시정영상의 변화
(그림 1) 일반영상에서 시정영상의 획득



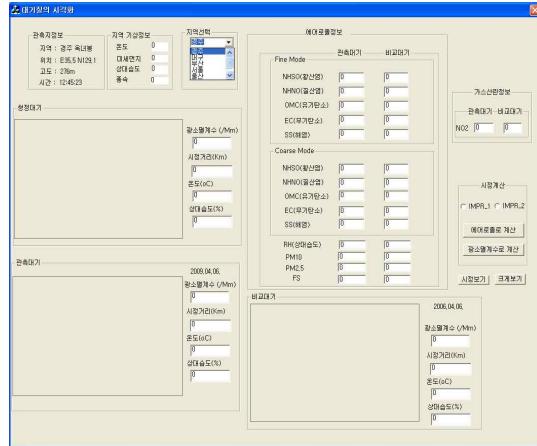
(a) 시정거리에 따른 경계



(b) 시정거리에 따른 배경 영역의 분할



(c) 시정거리에 따른 시정영상의 구축
(그림 2) 시정거리에 따른 시정영상의 획득



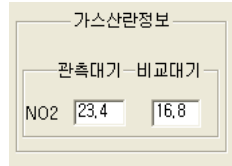
(그림 3) 프로그램 구성 폼



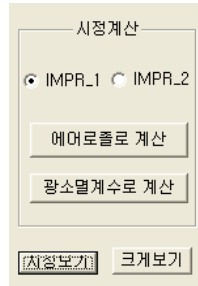
(그림 4) 지역선택 및 관련지역 정보

에어로졸정보		
	관측대기	비교대기
Fine Mode		
NHSO(황산염)	3.5	3.7
NHNO(질산염)	5.2	3.3
OMC(유기탄소)	7.2	6.1
EC(무기탄소)	1.4	2.3
SS(해염)	1.2	1.5
Coarse Mode		
NHSO(황산염)	6.2	0.7
NHNO(질산염)	2.4	4.7
OMC(유기탄소)	7.1	5.9
EC(무기탄소)	3.2	1.2
SS(해염)	1.4	2.6
RH(상대습도)	54	56.5
PM10	57.9	49.5
PM2.5	23.9	22.4
FS	0	0

(그림 5) 에어로졸 입력창의 구성



(그림 6) 가스산란정보 입력창



(그림 7) 시정계산 명령창



(그림 8) 대기질에 따른 시정영상의 구현

또한 우측 상단에는 (그림 6)에서와 같이 광산란계수에 결정적인 영향을 미치는 NO₂ 성분을 관측대기와 비교대기에 대해 분리하여 입력할 수 있게 하였다. 우측 중간 부분에는 (그림 7)에서 보여주는 바와 같이 입력된 대기오염물질에 대해 IMPROVE 모델 유형 1과 유형 2를 선정된 광소멸계수를 알고 있을 때 이를 통하여 직접 시정을 계산할 수도 있게 “광소멸계수 계산”이란 버튼도 함께 두었다. 동시에 에어로졸로 계산을 선택하고 이에 따라 시정거리를 추출할 수 있는 명령버튼을 배치한다. 또한 추정된 시정거리를 시각적으로 이해할 수 있게 구축된 시정영상 데이터베이스로부터 대응되는 시정영상을 보

여줄 명령으로 시정보기 버튼을 두며, 필요시 해당영상을 상세 관찰할 목적으로 크게보기 버튼을 함께 배치한다. 위 시정보기 버튼을 누름으로 (그림 8)과 같이 좌측 중간에 청정대기의 시정영상을 구현되고 관측대기 및 비교대기와 관련한 각각의 광소멸계수, 추정된 시정거리 및 해당 시정영상이 좌측 하단 및 중간 하단부에 나타나게 된다.

5. 결론

경제규모의 팽창과 산업의 세계화로 인류의 생산 및 사회 활동 반경은 더욱 커지고 더불어 이산화탄소, 질소산화물 등을 포함한 오염물질의 과다 배출로 대기오염은 날로 심각해지고 있다. 이에 따라 많은 사람들이 날이 접하고 있는 대기상태에 많은 관심을 가지게 되었다. 이에 관측되는 시정을 바탕으로 일반인들도 대기오염 정도를 파악하고 가시적으로 느낄 수 있게 대기질의 시각화가 요구되고 있고 이를 위한 프로그램을 생성함으로 일반인들도 대기오염 문제에 보다 적극적으로 참여할 수 있게 하였다.

생성된 프로그램의 효과분석을 위하여 특정지역 대기오염 물질에 대한 화학적 정량분석과 함께 관측시정을 위한 시정자료가 필요하다. 그렇지만 대기의 오염물질은 동일 관측 지역 내에서도 수시로 그 분포가 달라지며 이의 빠르고 정확한 측정을 위해서는 많은 시설투자 와 고가의 관측 장비 및 실험 관측을 위한 시간이 필요하고 관측 자료의 분석을 위한 전문적인 기술이 요구된다. 그럼에도 현실적으로 측정은 넓은 지역적 분포에 비해 극히 제한된 지역을 중심으로 이루어질 수 밖에 없으며 그러하여 국내의 많은 연구들은 주로 특정 지역을 중심으로 지속적으로 수집된 오염 물질에 대해 통계적인 분석으로 지역의 오염 현상에 대한 추이를 조사하고 있는 경우가 대부분이다. 뿐만 아니라 대기오염물질에 대한 정량적 분석과 이로부터 유도되는 시정이 실제 오염도 및 시정과 만족스럽게 상응하게 하 기란 쉬운 일이 아니다. 그리하여 시정과 관련한 많은 연구들은 대기의 화학적 분석에 기반을 둔 시정의 정량적 분석에 주안점을 두고 있다. 최근 에 IMPROVE 모델을 중심으로 자연적 현상의

불확실성에 비해 상대적으로 높은 수준의 상관 관계를 가지도록 실험적으로 유도된 시정 알고리즘이 구축되어 있고 본 논문에서는 이를 전제로 시정을 계산하고 이에 따른 시정의 시각화를 생성함으로써 일반인의 대기상태의 이해를 높이는 데 일조할 것이다.

참고문헌

- [1] 김유근, 문승의, 안중배, 이화운, 하경자, “대기환경의 탐색”, 형설출판사, 1997.
- [2] 백남준, 김태오, 김성주, 김용표, 문길주, “서울시의 1993년 가을철 시정 및 입자 특성 측정 및 분석”, 한국대기환경학회지, 10, 32-40, 1994.
- [3] C. Donald. Ahrens 저, 민경덕 역, “Essentials of Meteorology, 3/e”, 시그마프레스, 2001.
- [4] J. E. Andrews, P. Brimblecombe, T. D. Jickells, P. S. Liss and B. J. Reid 저, 김규한 역, “An Introduction to environmental chemistry, 2/e”, 시그마프레스, 2007.
- [5] J. J. Shah, “Measurements of carbonaceous aerosol across the U.S. : Source and role in visibility degradation”. Ph.D. Thesis, Oregon Graduate Center, Beaverton Oregon. 1981.
- [6] M. Pitcgford, W. Malm, B. N. Schichtel, N. Kumar, D. Lowenthal, and J. Hand, “Revised algorithm for estimating light extinction from IMPROVE particle speciation data”, J. Air & Waste Manage Assoc. 57, 1326-1336, 2007.
- [7] J. G. Waston “Visibility: Science and Regulation”, J. Air & Waste Manage Assoc. 52, 628-713, 2002.
- [8] D. H. Lowenthal and N. Kumar, “Variation of mass scattering efficiencies in IMPROVE samples”, Chemosphere, 60, 485-496, 2005.
- [9] W. C. Malm and J.L. Hand, “An examination of the physical and optical properties of areosol collected in the IMPROVE program”, Atmos. Environ. 41, 3404-3427, 2007.
- [10] W. C. Malm, J. V. Molenar, R. A .Eldred, and J. F. Sisler, “Examining the relationship among atmospheric aerosols and light scattering and extinction in the Grand Canyon area”, J. Geophys. Res., 101, 19251-19265, 1996.



김 대 식

1982년 : 경북대학교 대학원 (이학 석사)

1996년 : 경북대학교 대학원 (이학 박사-프랙탈)

2004년~현재 : 경주대학교 관광정보학과 교수
관심분야 : 프랙탈 및 카오스, 암호론, 영상통신